Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen ..... **III**

1 Zusammenfassung **1**

2 Stand der Erkenntnisse **4**

3 Aufgabenstellung **9**

4 Versuchswerkstoffe **13**

4.1 Stahlfeinbleche 13

4.2 Klebstoffe 14

5 Versuchseinrichtungen **16**

5.1 Meßvorrichtung zur Bestimmung des Expansions- und Kontraktionsverhaltens der Klebstoffe 16

5.1.1 Expansions- und Kontraktionswege 16

5.1.2 Expansions- und Kontraktionskräfte, Spannungen 17

5.2 Modellprüfkörper zur Bestimmung abzeichnungsrelevanter Grundvorgänge .. 18

5.2.1 Versuchsaufbau zur Schrumpfmessung (Jochprobe) 18

5.2.2 Versuchsaufbau zur Beulungsmessung (Beulprobe) 19

5.2.3 Versuchsaufbau zur Untersuchung des bauteilähnlichen Probekörpers 21

5.3 Datenerfassungssystem zur netzunabhängigen Messung von Temperaturen und Verformungen unter erhöhter Umgebungstemperatur 23

5.4 Verfahren zur Ermittlung der Oberflächenkontur von Bauteilen 24

5.5 Verfahren zur Ermittlung kalorischer und thermomechanischer Eigenschaften von Klebstoffen und Klebschichten 25

5.5.1 Dynamische Wärmestrom-Differenz-Kalorimetrie 25

5.5.2 Torsionsschwingungsversuch 26

5.6 Verfahren zur Bestimmung und Einstellung des Beölungsgrades von Stahlfeinblechen 29

5.7 Rasterelektronenmikroskopie 29

6 Ergebnisse der begleitenden Untersuchungen **32**

6.1 DSC-Analyse 32

6.2 Torsionsschwingungsversuch 34

6.3 Ölablaufverhalten der Stahlfeinbleche 35

7 Untersuchungen zur optischen Wahrnehmbarkeit von Oberflächenverformungen **37**

8 Analyse des Aushärtungsprozesses und der resultierenden Oberflächenverformungen in der Serienfertigung **42**

8.1 Heckklappe eines BMWs der 5er-Reihe 42
8.2 Seitentür eines Audi A4 44
8.3 Dachbereich einer Mercedes E-Klasse 46
9 Expansions- und Kontraktionsverhalten der Klebstoffe 51
9.1 Expansions- und Kontraktionswege 51
9.2 Expansions- und Kontraktionskräfte, Spannungen 57
10 Untersuchungen an Modellbauteilen 60
10.1 Verformungsverhalten der Jochprobe 60
10.2 Verformungsverhalten der Beulprobe 74
10.3 Verformungsverhalten des bauteilähnlichen Probekörpers 85
10.3.1 Einfluß des Klebstoffs auf das Verformungsverhalten ..... des bauteilähnlichen Probekörpers 85
10.3.2 Einfluß der Innenrahmengeometrie auf das Verformungsverhalten ..... des bauteilähnlichen Probekörpers 90
10.3.3 Einfluß der Temperaturführung während der Aushärtung ..... auf das Verformungsverhalten des bauteilähnlichen Probekörpers 91
11 Verformungsverhalten von Serienbauteilen 94
11.1 Heckklappe eines BMWs der 5er-Reihe 94
11.2 Seitentür eines Audi A4 96
12 Bewertung 99
12.1 Expansions- und Kontraktionsverhalten der Klebstoffe („Waage") 99
12.2 Jochprobe 99
12.3 Beulprobe 100
12.4 Bauteilähnlicher Probekörper 100
13 Checkliste zur Bewertung der Einflußfaktoren auf die Entstehung von Abzeichnungen 102
14 Tabellenverzeichnis 108
15 Abbildungsverzeichnis 109
16 Literaturverzeichnis 111